




202KU06

BI

Method for removal of nox and n2o

Patent number: DE10001539
Publication date: 2001-08-02
Inventor: SCHWEFER MEINHARD (DE); SZONN ERICH (DE);
TUREK THOMAS (DE)
Applicant: KRUPP UHDE GMBH (DE)
Classification:
- international: B01D53/86; B01D53/56
- european: B01D53/86F2C; B01D53/86F2D; B01J29/072
Application number: DE20001001539 20000114
Priority number(s): DE20001001539 20000114

Also published as:

 WO0151181 (A1)
 US2003143141 (A1)
 CA2397250 (A1)

Abstract of DE10001539

A device and method for the reduction of NO_x and N₂O content in process gases and exhaust gases are disclosed. The device comprises at least one catalyst bed, containing a catalyst, with essentially one, or several, iron-loaded zeolites and two reaction zones, whereby the first zone (Reaction zone I) serves for the decomposition of N₂O and in the second zone (Reaction zone II) NO_x is reduced. A device for the introduction of NH₃ gas is situated between the first and second zones.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)



202 KU06

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 01 539 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7:
B 01 D 53/86
B 01 D 53/56

②1 Aktenzeichen: 100 01 539.5
②2 Anmeldetag: 14. 1. 2000
④3 Offenlegungstag: 2. 8. 2001

DE 100 01 539 A 1

⑦1 Anmelder:
Krupp Uhde GmbH, 44141 Dortmund, DE

⑦4 Vertreter:
Ackermann, J., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anw.,
60313 Frankfurt

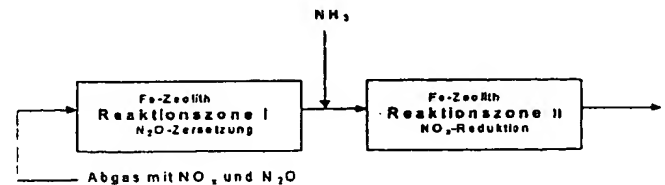
⑦2 Erfinder:
Schwefer, Meinhard, Dr., 44141 Dortmund, DE;
Szonn, Erich, 58454 Witten, DE; Turek, Thomas, Dr.,
76133 Karlsruhe, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zur Beseitigung von NO_x und N₂O

⑤7 Beschrieben werden eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Minderung des Gehalts von NO_x und N₂O in Prozeßgasen und Abgasen. Die Vorrichtung besteht aus mindestens einem Katalysatorbett, enthaltend einen einzigen Katalysator, welcher im wesentlichen einen oder mehrere mit Eisen beladene Zeolithe enthält, und zwei Reaktionszonen, wobei die erste Zone (Reaktionszone I) zum Abbau von N₂O dient und in der zweiten Zone (Reaktionszone II) NO_x reduziert wird und sich zwischen der ersten und zweiten Zone eine Vorrichtung zur Einbringung von NH₃-Gas befindet.



DE 100 01 539 A 1

Beschreibung

Bei vielen Prozessen, wie z. B. Verbrennungsprozessen oder bei der industriellen Herstellung von Salpetersäure resultiert ein mit Stickstoffmonoxid NO, Stickstoffdioxid NO₂ (zusammen bezeichnet als NO_x) sowie Lachgas N₂O beladenes Abgas. Während NO und NO₂ seit langem als Verbindungen mit ökotoxischer Relevanz bekannt sind (Saurer Regen, Smog-Bildung) und weltweit Grenzwerte für deren maximal zulässige Emissionen festgelegt sind, rückt in den letzten Jahren in zunehmenden Maße auch Lachgas in den Focus des Umweltschutzes, da dieses in nicht unerheblichem Maße zum Abbau von stratosphärischem Ozon und zum Treibhauseffekt beiträgt. Es besteht daher aus Gründen des Umweltschutzes ein dringender Bedarf an technischen Lösungen, die Lachgasemissionen zusammen mit den NO_x-Emissionen zu beseitigen.

Zur separaten Beseitigung von N₂O einerseits und NO_x andererseits bestehen zahlreiche Möglichkeiten, die in zweistufigen Prozessen in geeigneter Weise kombiniert werden können.

Bei der NO_x-Reduktion ist die selektive katalytische Reduktion (SCR) von NO_x mittels Ammoniak in Gegenwart vanadiumhaltiger TiO₂-Katalysatoren hervorzuheben (vgl. etwa G. Ertl, H. Knözinger J. Weitkamp: Handbook of Heterogeneous Catalysis, Vol. 4, Seiten 1633–1668, VCH Weinheim (1997)). Diese kann je nach Katalysator bei Temperaturen von ca. 150°C bis ca. 450°C ablaufen und ermöglicht einen NO_x-Abbau von mehr als 90%. Sie ist die meist genutzte Variante der NO_x-Minderung aus Abgasen industrieller Prozesse.

Auch auf Basis von Zeolith-Katalysatoren finden sich Verfahren zur Reduktion von NO_x, die unter Verwendung verschiedenster Reduktionsmittel ablaufen. Neben Cu-ausgetauschten Zeolithen scheinen vor allem eisenhaltige Zeolithe für praktische Anwendung von Interesse.

So beansprucht US-A-4,571,329 ein Verfahren zur Reduktion von NO_x in einem Gas, welches zu mindestens 50% aus NO₂ besteht, mittels Ammoniak in Gegenwart eines Fe-Zeolithen. Das Verhältnis von NH₃ zu NO₂ beträgt mindestens 1,3. Gemäß des hier beschriebenen Verfahrens sollen NO_x-enthaltende Gase mit Ammoniak reduziert werden, ohne daß es zur Bildung von N₂O als Nebenprodukt kommt.

US 5,451,387 beschreibt ein Verfahren zur selektiven katalytischen Reduktion von NO_x mit NH₃ über eisenausgetauschten Zeolithen, welches bei Temperaturen um 400°C arbeitet.

Im Unterschied zur NO_x-Minderung in Abgasen, die seit vielen Jahren in der Technik etabliert ist, existieren zur N₂O-Beseitigung nur wenige technische Prozesse, die zumeist auf einen thermischen oder katalytischen Abbau des N₂O abzielen. Eine Übersicht über die Katalysatoren, deren prinzipielle Eignung zum Abbau und zur Reduktion von Lachgas nachgewiesen wurde, gibt Kapteijn et al. (Kapteijn F. et al., Appl. Cat. B: Environmental 9 (1996) 25–64).

Als besonders geeignet erscheinen wiederum Fe- und Cu-Zeolith-Katalysatoren, die entweder eine reine Zersetzung des N₂O in N₂ und O₂ bewirken (US-A-5,171,553), oder auch zur katalytischen Reduktion des N₂O mit Hilfe von NH₃ oder Kohlenwasserstoffen zu N₂ und H₂O bzw. CO₂ dienen.

So wird in JP-A-07 060 126 ein Verfahren zur Reduktion von N₂O mit NH₃ in Gegenwart von eisenhaltigen Zeolithen vom Pentasil-Typ bei Temperaturen von 450°C beschrieben. Der mit diesem Verfahren erreichbare N₂O-Abbau liegt bei 71%.

Mauvezin et al. geben in Catal. Lett. 62 (1999) 41–44 eine diesbezügliche Übersicht über die Eignung verschiedener,

eisenausgetauschter Zeolithe vom Typ MOR, MFI, BEA, FER, FAU, MAZ und OFF. Danach kann eine mehr als 90%ige N₂O-Reduktion durch NH₃-Zugabe unterhalb von 500°C nur im Falle von Fe-BEA erreicht werden.

Aus Gründen der Einfachheit und Wirtschaftlichkeit ist ein einstufiges Verfahren, d. h. die Verwendung eines einzigen Katalysators zur Reduktion sowohl von NO_x als auch von N₂O, besonders erstrebenswert.

Die Reduktion von NO_x mit Ammoniak kann in Gegenwart von Fe-Zeolithen zwar bei Temperaturen unter 400°C ablaufen, für die N₂O-Reduktion sind jedoch, wie erwähnt, im allgemeinen Temperaturen > 500°C erforderlich.

Dies ist nicht nur deshalb nachteilig, weil die Aufheizung der Abgase auf diese Temperaturen einen Mehrverbrauch an Energie bedeutet, sondern vor allem deshalb, da die eingesetzten Zeolith-Katalysatoren unter diesen Bedingungen in Gegenwart von Wasserdampf nicht alterungsstabil sind.

In neueren Veröffentlichungen wird deshalb die Reduktion von N₂O und NO_x in Gegenwart von Kohlenwasserstoffen unter Verwendung von eisenhaltigen Zeolithen als Katalysator beschrieben, wobei zwar die Reduktionstemperatur für N₂O auf Temperaturen < 450°C abgesenkt werden kann, für die NO_x-Reduktion aber nur mäßige Umsätze (maximal < 50%) erreicht werden (Kögel et al., J. Catal. 182 (1999)).

In einer jüngsten Patentanmeldung (JP-A-09 000 884) wird die gleichzeitige Verwendung von Ammoniak und Kohlenwasserstoffen beansprucht. Die Kohlenwasserstoffe reduzieren hier selektiv das im Abgas enthaltene N₂O, während die NO_x-Reduktion durch den zugesetzten Ammoniak bewirkt wird. Der gesamte Prozeß kann bei Temperaturen < 450°C betrieben werden. Allerdings entsteht durch Reaktion des N₂O mit dem Kohlenwasserstoff in nicht unerheblichen Mengen giftiges Kohlenmonoxid, welches eine Nachreinigung des Abgases erforderlich macht. Um die Bildung von CO weitestgehend zu vermeiden, wird vorgeschlagen, einen nachgeschalteten Pt/Pd-Katalysator zu verwenden.

Eine zusätzlich Dotierung des eisenhaltigen Zeolith-Katalysators mit Pt ist aus Kögel et al., Chemie Ingenieur Technik 70 (1998) 1164 bekannt.

Aufgabe ist es somit, ein einfaches, aber wirtschaftliches einstufiges Verfahren, bei dem nach Möglichkeit nur ein einziger Katalysator verwendet wird, zur Verfügung zu stellen, das gute Umsätze sowohl für den NO_x- als auch für den N₂O-Abbau liefert und bei dem keine weiteren ökologisch bedenklichen Nebenprodukte generiert werden.

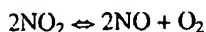
Die Aufgabe wird durch die vorliegende Erfindung gelöst. Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zur Minderung des Gehalts von NO_x und N₂O in Prozeßgasen und Abgasen, wobei das Verfahren in Gegenwart eines einzigen Katalysators, welcher im wesentlichen einen oder mehrere mit Eisen beladene Zeolithe enthält, durchgeführt wird, und das N₂O und NO_x enthaltende Gas zur Entfernung von N₂O in einem ersten Schritt in einer Reaktionszone I bei einer Temperatur < 500°C über den Katalysator geleitet wird und der resultierende Gasstrom in einem zweiten Schritt in einer Reaktionszone II weiter über den Eisen-Zeolith-Katalysator geführt wird, wobei dem Gasstrom ein Anteil NH₃ zugesetzt wird, ausreichend zur Reduktion des NO_x (vgl. Abb. 1).

Das Erreichen einer solch niedrigen Zersetzungstemperatur für N₂O ist durch die Gegenwart von NO_x bedingt. NO_x nämlich beschleunigt als aktivierendes Agens den N₂O-Abbau in Gegenwart von eisenhaltigen Zeolithen.

Für stöchiometrische Mengen an N₂O und NO ist dieser Effekt von Kapteijn F.; Mul, G.; Marban, G.; Rodriguez-Mirasol, J.; Moulijn, J. A., Studies in Surface Science and Catalysis 101 (1996) 641–650, beschrieben und wird auf die

Umsetzung von N_2O mit NO gemäß
 $NO + N_2O \rightarrow NO_2 + N_2$ zurückgeführt.

Da eisenhaltige Zeolithe aber auch den Zerfall des gebildeten NO_2 gemäß



katalysieren, sind auch unterstöchiometrische Mengen an NO_x ausreichend zur Beschleunigung des N_2O -Abbaus. Ein Effekt, der sich mit zunehmender Temperatur deutlich verstärkt.

Bei Verwendung von anderen Katalysatoren erfolgt keine kokatalytische Wirkungsweise von NO auf den N_2O -Abbau.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht es, sowohl die Reduktion von N_2O , als auch die Reduktion von NO_x bei einer einheitlich niedrigen Betriebstemperatur durchzuführen, was mit den im Stand der Technik beschriebenen Verfahren bis dahin nicht möglich war.

Durch Verwendung von eisenhaltigen Zeolithen, vorzugsweise solchen vom MFI-Typ, insbesondere Fe-ZSM-5, erfolgt der Abbau von N_2O gemäß obigen Reaktionsgleichungen in Gegenwart von NO_x bereits bei solchen Temperaturen bei denen eine Reduktion von N_2O ohne NO_x überhaupt nicht stattfinden würde. Nach Verlassen der ersten Reaktionszone liegt der Gehalt an N_2O nach dem erfindungsgemäßen Verfahren im Bereich von 0 bis 200 ppm, vorzugsweise im Bereich von 0 bis 100 ppm, insbesondere im Bereich von 0 bis 50 ppm.

In einer weiteren Ausgestaltung betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Minderung des Gehalts von NO_x und N_2O in Prozeßgasen und Abgasen, bestehend aus mindestens einem Katalysatorbett enthaltend einen einzigen Katalysator, welcher im wesentlichen einen oder mehrere mit Eisen beladene Zeolithe enthält und zwei Reaktionszonen, wobei die erste Zone (Reaktionszone I) zum Abbau von N_2O dient und in der zweiten Zone (Reaktionszone II) NO_x reduziert wird und sich zwischen der ersten und zweiten Zone eine Vorrichtung zur Einbringung von NH_3 -Gas befindet (vgl. Abb. 1 und 2).

Die Ausführung des Katalysatorbettes ist im Sinne der Erfindung frei gestaltbar. Sie kann beispielsweise in Form eines Röhrenreaktors oder Radialkorbreaktors erfolgen. Auch eine räumliche Trennung der Reaktionszonen, wie in Abb. 2 wiedergegeben entspricht dem Sinne der Erfindung.

Erfindungsgemäß verwendete Katalysatoren enthalten im wesentlichen, vorzugsweise > 50 Gew.-%, insbesondere > 70 Gew.-% eines oder mehrerer mit Eisen beladener Zeolithe. So kann beispielsweise neben einem Fe-ZSM-5 Zeolith ein weiterer Eisen enthaltender Zeolith, wie z. B. ein eisenhaltiger Zeolith des MFI-, oder MOR-Typs, in dem erfindungsgemäß verwendeten Katalysator enthalten sein. Darüberhinaus kann der erfindungsgemäß verwendete Katalysator weitere dem Fachmann bekannte Zusatzstoffe, wie z. B. Bindemittel enthalten. Erfindungsgemäß verwendete Katalysatoren basieren vorzugsweise auf Zeolithen, in die durch einen Festkörper-Ionenaustausch Eisen eingebracht wurde. Üblicherweise geht man hierfür von den kommerziell erhältlichen Ammonium-Zeolithen (z. B. NH_4 -ZSM-5) und den entsprechenden Eisensalzen (z. B. $FeSO_4 \times 7H_2O$) aus und mischt diese auf mechanischem Wege intensiv miteinander in einer Kugelmühle bei Raumtemperatur. (Turek et al.; Appl. Catal. 184, (1999) 249-256; EP-A-0 955 080). Auf diese Literaturstellen wird hiermit ausdrücklich Bezug genommen. Die erhaltenen Katalysatorpulver werden anschließend in einem Kammerofen an der Luft bei Temperaturen im Bereich von 400 bis 600°C kalzinieren. Nach dem Kalzinieren werden die eisenhaltigen Zeolithe in destilliertem Wasser intensiv gewaschen und nach Abfiltrieren des

Zeolithen getrocknet. Abschließend werden die so erhaltenen eisenhaltigen Zeolithe mit den geeigneten Bindemitteln versetzt und gemischt und beispielsweise zu zylindrischen Katalysatorkörpern extrudiert. Als Bindemittel eignen sich alle üblicherweise verwendeten Binder, die gebräuchlichsten sind hierbei Aluminiumsilikate wie z. B. Kaolin.

Gemäß der vorliegenden Erfindung sind die verwendbaren Zeolithe mit Eisen beladen. Der Eisengehalt kann dabei bezogen auf die Masse an Zeolith bis zu 25% betragen, vorzugsweise jedoch 0,1 bis 10%. Insbesondere eignen sich hier eisenbeladene Zeolithe. Vorzugsweise sind der oder die im Katalysator enthaltenen mit Eisen beladenen Zeolithe vom Typ MFI, BEA, FER, MOR und/oder MEL.

Genaue Angaben zum Aufbau oder Struktur dieser Zeolithe werden im Atlas of Zeolite Structure Types, Elsevier, 4th revised Edition 1996, gegeben, auf den hiermit ausdrücklich Bezug genommen wird. Erfindungsgemäß bevorzugte Zeolithe sind vom MFI (Pentasil)- oder MOR (Mordenit)-Typ. Insbesondere bevorzugt sind Zeolithe vom Fe-ZSM-5 Typ.

Die Reaktionszone I und Reaktionszone II können sowohl räumlich miteinander verbunden sein, wie dies in Abb. 1 dargestellt ist, so daß das mit Stickoxiden beladene Gas kontinuierlich über den Katalysator geleitet wird, als auch räumlich voneinander getrennt sein, wie dies aus Abb. 2 hervorgeht.

Bei einer räumlichen Trennung beider Reaktionszonen ist es möglich, die Temperatur der zweiten Zone bzw. des hierin eintretenden Gastromes durch Wärmeabfuhr oder -zufuhr so einzustellen, daß sie niedriger oder höher als die der ersten Zone ist.

Die Temperatur der Reaktionszone I, in der das Lachgas abgebaut wird, liegt erfindungsgemäß < 500°C, vorzugsweise im Bereich von 350 bis 500°C. Die Temperatur der Reaktionszone II entspricht bevorzugt der der Reaktionszone I.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird bei einem Druck im Bereich von 1 bis 50 bar, vorzugsweise 1 bis 25 bar durchgeführt. Die Einspeisung des NH_3 -Gases zwischen der Reaktionszone I und II, d. h. hinter der Reaktionszone I und vor der Reaktionszone II, erfolgt durch eine geeignete Vorrichtung, wie z. B. einem entsprechenden Druckventil oder entsprechend ausgestalteten Düsen.

Das mit Stickstoffoxiden beladene Gas wird mit einer Raumgeschwindigkeit von 2 bis 200.000 h⁻¹, vorzugsweise 5.000 bis 100.000 h⁻¹ bezogen auf das addierte Katalysatorvolumen beider Reaktionszonen über den Katalysator geleitet.

Der Wassergehalt des Reaktionsgases liegt vorzugsweise im Bereich von < 25 Vol.%, insbesondere im Bereich < 15 Vol.%. Ein niedriger Wassergehalt ist im allgemeinen zu bevorzugen.

Für die NO_x -Reduktion in der Reaktionszone II spielt ein hoher Wassergehalt eine untergeordnete Rolle, da hier bereits bei relativ niedrigen Temperaturen hohe NO_x -Abbauraten erzielt werden.

In der Reaktionszone I wird im allgemeinen eine relativ niedrige Wasserkonzentration bevorzugt, da ein sehr hoher Wassergehalt hohe Betriebstemperaturen (z. B. > 500°C) erforderlich machen würde. Diese könnte je nach eingesetztem Zeolithtyp und Betriebsdauer die hydrothermalen Stabilitätsgrenzen des Katalysators überschreiten. Allerdings spielt hier der NO_x -Gehalt eine entscheidende Rolle, da dieser wie in der prioritätsgleichen, nicht veröffentlichten Deutschen Anmeldung 2000kud002 (DE-A-.....) beschrieben ist, die Desaktivierung durch Wasser aufheben kann.

Auch die Anwesenheit von O_2 und CO_2 sowie von ande-

ren desaktivierenden Bestandteilen des Reaktionsgases, die dem Fachmann bekannt sind, sollten nach Möglichkeit minimiert werden, da sich diese negativ auf den N_2O -Abbau auswirken würden.

All diese Einflußfaktoren, sowie die gewählte Katalysatorbelastung d. h. Raumgeschwindigkeit sind bei der Wahl der geeigneten Betriebstemperatur der Reaktionszonen zu berücksichtigen. Dem Fachmann ist der Einfluß dieser Faktoren auf die N_2O -Abbaugeschwindigkeit bekannt und er wird sie gemäß seines Fachwissens berücksichtigen.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht es unter Verwendung eines einzigen Reduktionsmittels und eines einzigen Katalysators N_2O und gleichzeitig NO_x bei Temperaturen $< 500^\circ C$, vorzugsweise $< 450^\circ C$ zu N_2 zu reduzieren, ohne Bildung von ökologisch bedenklichen Nebenprodukten, wie z. B. giftigen Kohlenmonoxid, das wiederum entfernt werden müßte.

Die mit dem vorliegenden Verfahren erzielbaren Umsätze für N_2O und NO_x sind $> 80\%$, vorzugsweise $> 90\%$. Das Verfahren ist damit hinsichtlich seiner Leistungsfähigkeit, d. h. der erzielbaren Umsatzgrade des N_2O und NO_x Abbaus, sowie hinsichtlich der Betriebs- und Investitionskosten dem Stand der Technik deutlich überlegen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Minderung des Gehalts von NO_x und N_2O in Prozeßgasen und Abgasen, bestehend aus mindestens einem Katalysatorbett enthaltend einen einzigen Katalysator, welcher im wesentlichen einen oder mehrere mit Eisen beladene Zeolithe enthält, und zwei Reaktionszonen, wobei die erste Zone (Reaktionszone I) zum Abbau von N_2O dient und in der zweiten Zone (Reaktionszone II) NO_x reduziert wird und sich zwischen der ersten und zweiten Zone eine Vorrichtung zur Einbringung von NH_3 -Gas befindet.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Reaktionszone I und Reaktionszone II räumlich getrennt sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Reaktionszone I und Reaktionszone II räumlich miteinander verbunden sind.
4. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der oder die im Katalysator enthaltenen mit Eisen beladenen Zeolithe vom Typ MFI, BEA, FER, MOR und/oder MEL sind.
5. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der oder die mit Eisen beladenen Zeolithe vom Typ MFI sind.
6. Vorrichtung nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Zeolith ein Fe-ZSM-5 ist.
7. Verfahren zur Minderung des Gehalts von NO_x und N_2O in Prozeßgasen und Abgasen wobei das Verfahren in Gegenwart eines einzigen Katalysators, welcher im wesentlichen einen oder mehrere mit Eisen beladene Zeolithe enthält, durchgeführt wird, und das N_2O und NO_x enthaltende Gas zur Entfernung von N_2O in einem ersten Schritt in einer Reaktionszone I zur Entfernung von N_2O bei einer Temperatur $< 500^\circ C$ über den Katalysator geleitet wird und der resultierende Gasstrom in einem zweiten Schritt in einer Reaktionszone II weiter über den eisenhaltigen Zeolith-Katalysator geführt wird, wobei dem Gasstrom ein Anteil NH_3 zugesetzt wird, ausreichend zur Reduktion des NO_x .
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet,

net, daß der oder die im Katalysator enthaltenen mit Eisen beladenen Zeolithe vom Typ MFI, BEA, FER, MOR und/oder MEL sind.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der mit Eisen beladene Zeolith vom Typ MFI ist.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Zeolith ein Fe-ZSM-5 ist.

11. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Reaktionszonen I und II räumlich voneinander getrennt sind.

12. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Reaktionszonen I und II räumlich miteinander verbunden sind.

13. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren bei einem Druck im Bereich von 1 bis 50 bara durchgeführt wird.

14. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 7 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß N_2O - und NO_x -Umsätze $> 80\%$ erreicht werden.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

Abbildung 1

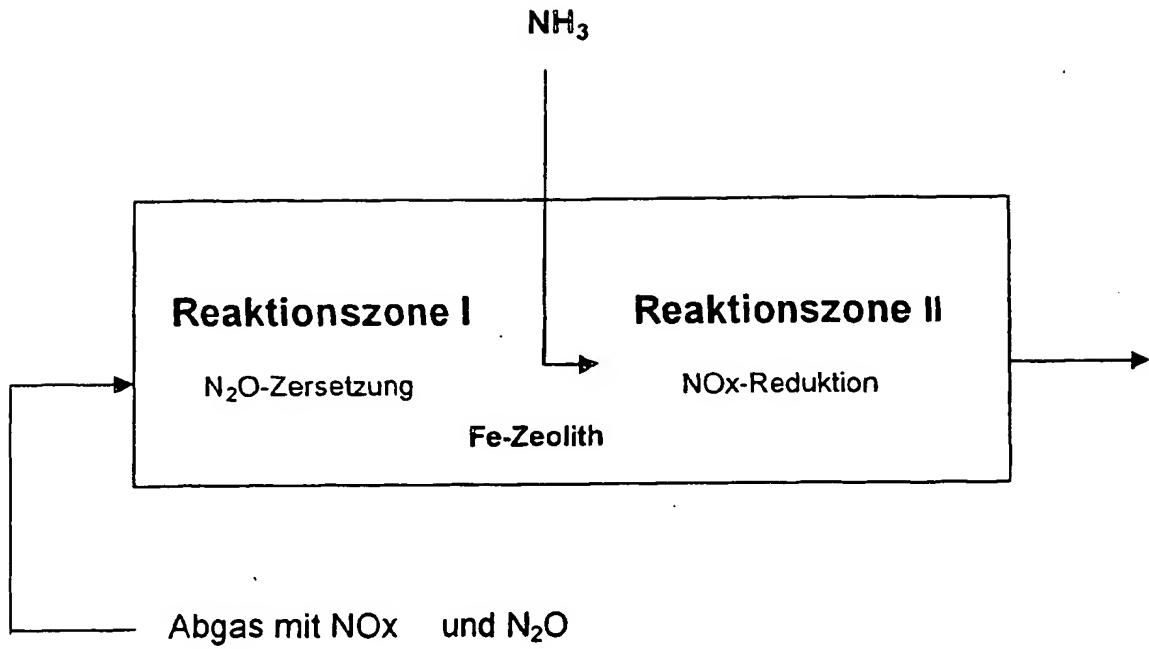


Abbildung 2

